

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2003年 2月 7日

出願番号

Application Number:

特願2003-031572

[ST.10/C]:

[JP2003-031572]

出願人

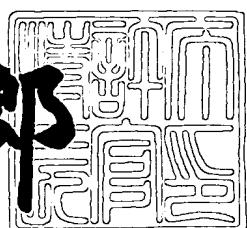
Applicant(s):

エスペック株式会社

2003年 4月 11日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3026308

【書類名】 特許願  
【整理番号】 2002-029  
【提出日】 平成15年 2月 7日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 G01R 31/36  
【発明者】  
【住所又は居所】 大阪府大阪市北区天神橋3丁目5番6号 エスペック株式会社内  
【氏名】 加藤 義次  
【発明者】  
【住所又は居所】 栃木県宇都宮市陽東2丁目12-4  
【氏名】 船渡 寛人  
【発明者】  
【住所又は居所】 兵庫県尼崎市塚口町1丁目14番3号 ハウゼ114  
107号室  
【氏名】 アレクサンドル フォーライ  
【特許出願人】  
【識別番号】 000108797  
【氏名又は名称】 エスペック株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100080034  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 原 謙三  
【電話番号】 06-6351-4384  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 003229  
【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 明細書 1

特2003-031572

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0111476

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電池状態診断装置および電池状態診断方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被測定電池に負荷を与えてその入力および出力特性を測定し、その測定結果をシステム同定手法を用いて求められる数学式に当てはめて電池状態を診断する電池状態診断装置において、

上記被測定電池に負荷を与える負荷手段として、電流負荷を用いることを特徴とする電池状態診断装置。

【請求項 2】

上記測定における出力は被測定電池の端子電圧であり、システム同定による診断時には、変動する端子電圧における被測定電池の起電力成分をバイアスと捉えて除去し、上記起電力成分を除去した後の微小な電圧変動を増幅してシステム同定による診断に用いることを特徴とする請求項 1 記載の電池状態診断装置。

【請求項 3】

上記測定における出力は被測定電池の端子電圧であり、システム同定による診断時には、変動する端子電圧を被測定電池の直列抵抗に起因する直達項と C R ダイナミクスを持つ項とに分離し、その直達項成分を上記端子電圧から除去し、直達項成分を除去した後の微小な電圧変動を増幅してシステム同定による診断に用いることを特徴とする請求項 1 記載の電池状態診断装置。

【請求項 4】

上記直達項成分を上記端子電圧から除去するために、測定される上記端子電圧の電圧波形において、被測定電池の起電力成分を示す電圧パルスの立ち上がり時点における電圧値を算出し、上記端子電圧の電圧波形から算出された上記電圧値を差し引く演算を行うことを特徴とする請求項 3 記載の電池状態診断装置。

【請求項 5】

被測定電池に電流を与えてその入力および出力特性を測定し、その測定結果をシステム同定手法を用いて求められる数学式に当てはめて電池状態を診断する電池状態診断装置において、

上記被測定電池として燃料の供給されていない燃料電池を用いるものであり、  
上記被測定電池に電流を流す手段として、電圧源を用いることを特徴とする電  
池状態診断装置。

【請求項6】

被測定電池に負荷を与えてその入力および出力特性を測定し、その測定結果を  
システム同定手法を用いて求められる数学式に当てはめて電池状態を診断する電  
池状態診断装置において、

上記被測定電池の診断時には、該被測定電池を電流負荷と直列に接続して閉回  
路を構成する回路部と、

上記回路部に接続され、被測定電池の端子電圧および上記回路部を流れる電流  
を計測する計測手段と、

上記計測手段によって計測される結果から、被検査電池の状態をシステム同定  
手法を用いて診断する診断手段とを備えていることを特徴とする電池状態診断裝  
置。

【請求項7】

被測定電池に電流を与えてその入力および出力特性を測定し、その測定結果を  
システム同定手法を用いて求められる数学式に当てはめて電池状態を診断する電  
池状態診断装置において、

上記被測定電池として燃料の供給されていない燃料電池を用いるものであり、

上記被測定電池の診断時には、該被測定電池を電圧源と直列に接続して閉回路  
を構成する回路部と、

上記回路部に接続され、被測定電池の端子電圧および上記回路部を流れる電流  
を計測する計測手段と、

上記計測手段によって計測される結果から、被検査電池の状態をシステム同定  
手法を用いて診断する診断手段とを備えていることを特徴とする電池状態診断裝  
置。

【請求項8】

被測定電池に負荷を与えてその入力および出力特性を測定し、その測定結果を  
システム同定手法を用いて求められる数学式に当てはめて電池状態を診断する電  
池状態診断装置において、

池状態診断方法において、

上記被測定電池における入力および出力特性の測定時に、該被測定電池に電流負荷を直列に接続した状態で測定を行うことを特徴とする電池状態診断方法。

【請求項9】

上記測定における出力は被測定電池の端子電圧であり、システム同定による診断時には、変動する端子電圧における被測定電池の起電力成分をバイアスと捉えて除去し、上記起電力成分を除去した後の微小な電圧変動を増幅してシステム同定による診断に用いることを特徴とする請求項8記載の電池状態診断方法。

【請求項10】

上記測定における出力は被測定電池の端子電圧であり、システム同定による診断時には、変動する端子電圧を被測定電池の直列抵抗に起因する直達項とC R ダイナミクスを持つ項とに分離し、その直達項成分を上記端子電圧から除去し、直達項成分を除去した後の微小な電圧変動を増幅してシステム同定による診断に用いることを特徴とする請求項8記載の電池状態診断方法。

【請求項11】

上記直達項成分を上記端子電圧から除去するために、測定される上記端子電圧の電圧波形において、被測定電池の起電力成分を示す電圧パルスの立ち上がり時点における電圧値を算出し、上記端子電圧の電圧波形から算出された上記電圧値を差し引く演算を行うことを特徴とする請求項10記載の電池状態診断方法。

【請求項12】

被測定電池に電流を与えてその入力および出力特性を測定し、その測定結果をシステム同定手法を用いて求められる数学式に当てはめて電池状態を診断する電池状態診断方法において、

上記被測定電池として燃料の供給されていない燃料電池を用いるものであり、

上記被測定電池における入力および出力特性の測定時に、該被測定電池に電圧源を直列に接続した状態で測定を行うことを特徴とする電池状態診断方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、燃料電池、特に固体高分子型燃料電池（以下、PEFC）、ダイレクトメタノール型燃料電池（以下、DMFC）、あるいは、二次電池、特にニッケルカドミウム電池、リチウムイオン電池、ニッケル水素電池に対して、これらの電池の性能評価、故障診断、不具合診断、劣化予測、出荷検査、良否判定等を行う方法および装置に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

PEFCやDMFC等の燃料電池については、電池そのものが開発途上品であり、確立された検査、評価、および診断方法が存在するものではない。このため、現状では、燃料・酸化剤ガス供給制御装置を使って、検査を行おうとする電池を実稼動させ、交流インピーダンス、あるいは出力電圧ー出力電流特性を測定している。そして、この測定結果が、開発・製品仕様を満足することを確認して電池の出荷を行っている。

## 【0003】

特に、燃料電池に対する寿命試験、劣化予測は、電池を劣化加速させる要素が見つかっておらず、製品に規格された寿命時間を実稼動させる以外の検査方法がない。

## 【0004】

このため、燃料動作における寿命または劣化を確認するまでには、かなりの時間を要する。例えば、抜き取りによる燃料動作の寿命試験は、仕様書の寿命時間どおり運転する必要がある。

## 【0005】

また、燃料動作の寿命を判定するためには、所定の時間間隔でインピーダンス、出力電圧ー出力電流特性を測定することが必要となる。これらの静特性の変化は、非常に小さなものと予想されるため、これら特性の測定結果を寿命等の判定に用いるには、かなりの工夫が必要となる。したがって、燃料動作の寿命判定を容易にするためには、動特性での判定によるこの検討が期待される。

## 【0006】

また、二次電池の検査、評価、および診断方法について、例としてリチウムイ

オン電池の製造工程図である図13（a）と、製造工程中の充放電工程図である図13（b）とを参照して説明する。

#### 【0007】

リチウムイオン電池の製造工程は、図13（a）に示すように、(1)電極混合工程、(2)捲回工程、(3)注液工程、(4)後組立工程、(5)充放電工程、(6)出荷検査工程に大別される。

#### 【0008】

このうち、(5)の充放電工程では、図13（b）に示すように、①インピーダンス測定、②電圧測定、③充電、④放電、⑤電気容量ランク分け、⑥充電、⑦自己放電試験、⑧出荷充放電が行われる。

#### 【0009】

上記充放電工程で時間がかかるのは、図13（b）における③、④、⑥、⑦の工程である。③の工程では電池を満充電するのに3時間、④の工程では放電して空にするのに1時間かけている。現状では、半充電などで、満充電状態を推定することはできていないため、これらの時間を短くすることはできない。

#### 【0010】

また、図13（b）には記載が無いが、信頼性の確認のために、1回目の充放電後に100回の充放電を繰り返した後に特性を測定して出荷する場合もある。このときは、上記充放電工程に最低でも400時間かかることになる。

#### 【0011】

このため、システム同定理論を用いて電池の状態診断を行い、電池の検査・診断にかかる時間の短縮を図ろうとする例が、特許文献1や特許文献2等に開示されている。

#### 【0012】

例えば、上記特許文献1には、解析対象となる電池に交流信号を印加し、交流電圧及び交流電流のサンプリング結果から該電池の伝達関数を推定し、この伝達関数の極を算出することによって、電池の残量を判定する方法が開示されている。

#### 【0013】

【特許文献1】

特開平10-232273号公報（公開日1998年9月2日）

【0014】

【特許文献2】

特開平6-337282号公報（公開日1994年12月6日）

【0015】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、上記特許文献1の方法では、解析対象となる電池の交流電圧及び交流電流を測定する装置において、電池の電圧源雑音（電圧負荷）とインピーダンス素子の直列負荷とを接続した構成となっており、インピーダンス素子の誤差が測定に直接の影響を与えててしまうため電池の特性を抽出するのに最適の方法とはいえない。

【0016】

すなわち、上記特許文献1においては、電池の伝達関数を求める際に、直列インピーダンスを含んだ形でインピーダンスが同定される（測定される交流電圧及び交流電流から求められる伝達関数  $G(s)$  が、電池の伝達関数  $H_B(s)$  とインピーダンス素子の伝達関数  $H_I(s)$  の和にて表される）。

【0017】

このため、実際の電池のインピーダンスを求めるには、測定されるインピーダンスから外部インピーダンスを差し引く必要がある。上記特許文献1では、このインピーダンス素子として抵抗と純容量（キャパシタンス）とを用いており、抵抗は温度変化が問題となり、また、キャパシタンスはもともと誤差の大きいものであり、この誤差がそのまま同定の精度に影響する。尚、上記インピーダンス素子を省略し、電池に直接電圧源を接続して測定を行うと、電流値が大きくなりすぎて制御が困難となる。

【0018】

また、副次的な問題ではあるが、抵抗とキャパシタンスとの切り替えが必要であるといった問題もある。

【0019】

本発明は、上記の問題点を解決するためになされたもので、その目的は、電池の寿命や残量等を、システム同定を用いて最適に求めることができる電池状態診断装置および電池状態診断方法を提供することにある。

#### 【0020】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の電池状態診断装置は、上記の課題を解決するために、被測定電池に負荷を与えてその入力および出力特性を測定し、その測定結果をシステム同定手法を用いて求められる数学式に当てはめて電池状態を診断する電池状態診断装置において、上記被測定電池に負荷を与える負荷手段として、電流負荷を用いることを特徴としている。

#### 【0021】

システム同定手法を用いて電池状態を診断する電池状態診断装置では、電池の内部インピーダンスを同定するために電池の端子電圧と電流とを測定する必要がある。この測定において、従来のように電圧負荷を用いる構成では、電池が起電力+直列低インピーダンスという内部等価回路であるため、被測定電池に対して直列にインピーダンス素子が接続される。このため、測定される電流（を表す式）は上記インピーダンス素子による負荷電圧および負荷インピーダンスを含むものとなり、電流を規定の値に調整するには電池の内部起電力の変化に伴って負荷電圧を細かく調整する必要があるといった直流バスの問題が生じる。

#### 【0022】

これに対し、上記の構成によれば、被測定電池に負荷を与える負荷手段として電流負荷を用いることにより、測定される電流（を表す式）に負荷電圧や負荷インピーダンスが生じないため、上記直流バスの問題が発生せず、電流測定結果から容易に電池の内部インピーダンスを同定することができる。

#### 【0023】

また、上記電池状態診断装置においては、上記測定における出力は被測定電池の端子電圧であり、システム同定による診断時には、変動する端子電圧における被測定電池の起電力成分をバイアスと捉えて除去し、上記起電力成分を除去した後の微小な電圧変動を增幅してシステム同定による診断に用いることを特徴とし

ている。

#### 【0024】

計測においては、計測器のフルスケールを有効利用することが計測精度の向上に繋がる。特に、デジタル計測においては分解能の問題があり、信号をA／D変換器の入力電圧に合わせて処理することがS／N比の向上に繋がる。電池電圧は、（直流起電力）+（直流起電力に対して相対的に小さな電圧変動）という出力になるため、上記電圧変動を取り出して処理することで精度の高い計測が行える。この直流起電力は、電池の種類や状態によって異なる。

#### 【0025】

ここで、上記の構成によれば、被測定電池の直流起電力（起電力成分）の概算値を計測し、それをバイアスとして捉え、変動する端子電圧から除去することにより、上記電圧変動分のみをシステム同定による診断に用いることができる。上記電圧変動は、自動利得増幅器等でA／D変換器の入力スケールに合わせて増幅されることにより、測定精度が向上する。

#### 【0026】

また、本発明の電池状態診断装置においては、上記測定における出力は被測定電池の端子電圧であり、システム同定による診断時には、変動する端子電圧を被測定電池の直列抵抗に起因する直達項とC R（容量-抵抗）ダイナミクスを持つ項とに分離し、その直達項成分を上記端子電圧から除去し、直達項成分を除去した後の微小な電圧変動を増幅してシステム同定による診断に用いることを特徴としている。

#### 【0027】

電池の応答波形は、直列抵抗に起因する直達項と、C Rダイナミクスを持つ項の部分からなるが、直達項部分にと比較してC Rダイナミクス部分は相対的に小さいため、これらの項を分離して同定した方が同定精度が向上する。また、このような直達項を含む波形を同定した場合、測定状況によっては直達項部分が直達項として認識されず、非常に時定数が早い過渡応答を持つ部分と認識される恐れがある（波形の立ち上がりがなまってしまった場合など）。

#### 【0028】

これに対し、上記の構成によれば、直達項部分とCRダイナミクス部分とを分離し、直達項部分を除去したCRダイナミクス部分のみでシステム同定を行うことにより、同定精度の向上を図ることができる。

## 【0029】

また、本発明の電池状態診断装置においては、上記直達項成分を上記端子電圧から除去するために、測定される上記端子電圧の電圧波形において、被測定電池の起電力成分を示す電圧パルスの立ち上がり時点における電圧値を算出し、上記端子電圧の電圧波形から算出された上記電圧値を差し引く演算を行うことを特徴としている。

## 【0030】

上記の構成により、同定する端子電圧の電圧波形から除去すべきバイアス（直達項成分）等を自動計算で分離する手法を提供することができる。

## 【0031】

また、本発明の電池状態診断装置は、上記の課題を解決するために、被測定電池に測定用電流を与えてその入力および出力特性を測定し、その測定結果をシステム同定手法を用いて求められる数学式に当てはめて電池状態を診断する電池状態診断装置において、上記被測定電池として燃料の供給されていない燃料電池を用いるものであり、上記被測定電池に電流を流す手段として、電圧源を用いることを特徴としている。

## 【0032】

上記の構成によれば、上記電池状態診断装置におけるシステム同定手法をPEFC、DMFC等の燃料電池に応用する場合は、燃料電池を動作させない状態でシステム同定を行うことで電解質の劣化を診断することができる。すなわち、燃料電池においては、燃料を供給する状態と供給しない状態とでその挙動が異なる可能性があるが、燃料を供給しない状態でも起電力が生じないのみで電解質および電極のインピーダンスは測定可能であるため、上記と同様の手法で電池の劣化を測定することができる。

## 【0033】

このように、燃料を供給しない燃料電池について診断を行う場合には、電流供

給手段として電圧源を用いても、被測定電池となる燃料電池自体に起電力が発生しないため、直流パスの問題が発生しない。したがって、燃料を供給しない燃料電池については、より実現が容易な電圧源にて診断を行うことが好適となる。

## 【0034】

また、本発明の電池状態診断装置は、上記の課題を解決するために、被測定電池に負荷を与えてその入力および出力特性を測定し、その測定結果をシステム同定手法を用いて求められる数学式に当てはめて電池状態を診断する電池状態診断装置において、上記被測定電池の診断時には、該被測定電池を電流負荷と直列に接続して閉回路を構成する回路部と、上記回路部に接続された被測定電池の端子電圧および上記回路部を流れる電流を計測する計測手段と、上記計測手段によって計測される結果から、被検査電池の状態をシステム同定手法を用いて診断する診断手段とを備えていることを特徴としている。

## 【0035】

上記の構成によれば、上記回路部において被測定電池に電流負荷を接続した状態で被測定電池の端子電圧および電流が、測定手段により測定される。これにより、測定される電流（を表す式）に負荷電圧や負荷インピーダンスが生じないため、直流パスの問題が発生せず、診断手段においては電流測定結果から容易に電池の内部インピーダンスを同定することができる。

## 【0036】

また、本発明の電池状態診断装置は、上記の課題を解決するために、被測定電池に電流を与えてその入力および出力特性を測定し、その測定結果をシステム同定手法を用いて求められる数学式に当てはめて電池状態を診断する電池状態診断装置において、上記被測定電池として燃料の供給されていない燃料電池を用いるものであり、上記被測定電池の診断時には、該被測定電池を電圧源と直列に接続して閉回路を構成する回路部と、上記回路部に接続され、被測定電池の端子電圧および上記回路部を流れる電流を計測する計測手段と、上記計測手段によって計測される結果から、被検査電池の状態をシステム同定手法を用いて診断する診断手段とを備えていることを特徴としている。

## 【0037】

上記の構成によれば、上記回路部において被測定電池に電圧源を接続した状態で被測定電池の端子電圧および電流が、測定手段により測定される。この時、上記被測定電池として燃料の供給されていない燃料電池を用いることで、被測定電池に電流を供給する手段として電圧源を用いても、被測定電池となる燃料電池自身に起電力が発生しないため、直流パスの問題が発生しない。したがって、燃料を供給しない燃料電池については、より実現が容易な電圧源にて診断を行うことが好適となる。

## 【0038】

## 【発明の実施の形態】

本発明の実施の一形態について図1ないし図12に基づいて説明すれば、以下の通りである。

## 【0039】

本発明は、システム同定手法を用いて、電池・二次電池、燃料電池・固体高分子型燃料電池・ダイレクトメタノール型燃料電池の劣化予測、性能評価、良否判定、出荷検査を短時間に行える方法および装置を提案するものである。

## 【0040】

先ず、本実施の形態に係る電池状態診断装置の概略について、図1を参照して説明する。上記電池状態診断装置は、図1に示すように、入力信号発生部11、負荷部12、計測部13、および診断部14からなる。また、上記電池状態診断装置は、被検査電池10に対し負荷を与えた状態で、該被検査電池10に生じる電圧および電流を計測し、その計測結果から被検査電池10の状態を診断するものである。

## 【0041】

入力信号発生部11および負荷部12は、被検査電池10に対し負荷を与えるための手段であり、負荷部12は電流負荷である。負荷部12に電流負荷を用いることで、被検査電池10の組み込まれる閉回路15において、被検査電池10の内部起電力による直流電流の電流値を零にすることができ、その影響を避けることができる。このため、上記電池状態診断装置では、特許文献1にあるような直流パスの問題が発生しない。

## 【0042】

計測部13は、電流負荷を与えられた状態の被検査電池10に生じる電圧および電流を計測する手段であり、診断部14はその計測結果からシステム同定手法を用いて被検査電池10の状態を診断するものである。

## 【0043】

上記電池状態診断装置の具体的な回路構成は、図2に示すような構成となる。入力信号発生部11、計測部13、および診断部14は、汎用信号処理コンピュータ20から構成される。このため、上記電池状態診断装置は、量産化によって容易に製造コストを下げることが可能である。

## 【0044】

負荷部12によって被検査電池10に与えられる負荷電流は白色雑音が望ましいが実現困難なので、システム同定を行う上で十分なスペクトラムを有するM系列信号を用いる。M系列信号は汎用信号処理コンピュータ20における入力信号発生部11の機能により、以下の発生式に基づいて発生させられる。尚、以下の発生式においては、周期 $N = 2^{n-1} - 1$ である。また、条件によっては、有するスペクトルが狭い方形波電流を負荷電流としても診断が可能である。

## 【0045】

## 【数1】

$$v(t) = a_1 v(t-1) + a_2 v(t-2) + \cdots + a_n v(t-n)$$

## 【0046】

このM系列信号は、D/A変換器21を介して負荷部12に入力され、該負荷部12を駆動し、図3(a)に示すような矩形波状の電流*i<sub>L</sub>*を発生させる。言い換れば、上記負荷部12は、被検査電池10が取り付けられた閉回路15内を流れる電流の値が*i<sub>L</sub>*となるように制御するものである。

## 【0047】

このように、閉回路15内を流れる電流*i<sub>L</sub>*が、図3(a)に示すような矩形波状となることにより、被検査電池10の内部抵抗に起因した電圧降下および起電力の低下が発生し、図3(b)に示すように、被検査電池10の端子電圧*v<sub>t</sub>*が変動する。計測部13では、この端子電圧*v<sub>t</sub>*を計測する。すなわち、シス

ム同定手法を用いる本電池状態診断装置では、負荷電流  $i_L$  を入力、電池端子電圧  $v_t$  を出力とする。計測部 13において測定される入力電流信号および出力電圧信号の波形例を図 11 (a)、11 (b) に示す。

## 【0048】

被検査電池 10において、入力である負荷電流  $i_L$  に対する出力である電池端子電圧  $v_t$  の応答は、通常時定数数百 m s 程度のものである。このため、負荷部 12は、図 4 に示すような比較的簡単な負荷回路で構成することができる。

## 【0049】

この負荷回路は、ホール素子電流センサー CS により検出した電流をオペアンプ O P 1 および抵抗 R 1 ~ R 4 で構成された誤差増幅器にフィードバックして、閉回路 15 内を流れる電流  $i_L$  (端子 T 2 から入力される) を信号処理コンピュータ 20 からの電流指令  $i_L'$  (端子 T 1 から入力される) と一致するように制御する。

## 【0050】

尚、上記負荷回路において、ホール素子電流センサー CS での検出電流には誤差増幅器の増幅度に起因した定常誤差が発生するが、この定常誤差は予め算出することが可能であるため、電流指令  $i_L'$  の値は上記定常誤差を考慮に入れた値として発生させられる。このような負荷回路は、専用測定装置内に設置することもできるし、電池が接続される機器の回路の一部を利用して簡単に構成することができる。

## 【0051】

電池の等価回路表現はいくつかの手法があるが、本実施の形態では図 5 に示すような回路で近似する。ここで、C p、R p は正極の等価回路、R s は電解質の等価回路、C n、R n は負極の等価回路である。また、 $V_{dc}$  は、電池の内部起電力である。システム同定を用いている限りでは電池内部の電気化学的状態を考慮する必要は無い。

## 【0052】

被検査電池 10において、上記のような等価回路を仮定すると、図 3 (a) に示す矩形波の電流負荷  $i_L$  に対する電圧  $v_t$  の応答は、図 3 (b) に示すようなも

のとなる。ここで、上記等価回路のインピーダンス $Z$ は次式で表すことができる

## 【0053】

## 【数2】

$$Z = Rs + \frac{b_1 s + b_0}{s^2 + a_1 s + a_0}$$

但し

$$a_1 = \frac{C_p R_p + C_n R_n}{C_p C_n R_p R_n}, \quad a_0 = \frac{1}{C_p C_n R_p R_n}, \quad b_1 = b_0 = \frac{C_p + C_n}{C_p C_n}$$

$s$ :ラプラス変換子

## 【0054】

ここで、上記電池状態診断装置において測定される電圧 $v_t$ は、電池の起電力 $V_{dc}$ を中心に高々数百mV程度の変動である。したがって、この電圧 $v_t$ を直接A/D変換器22に入力し、当該A/D変換器22を介して計測部13である汎用信号処理コンピュータ20に入力する構成とすると、計測部13における分解能が低くなる（図1、2参照）。これを改善するため、電圧レベルシフト手段23を用いる。電圧レベルシフト手段23には、図6に示すような電圧信号処理回路を用いる。

## 【0055】

上記電圧信号処理回路は、 $v_{sL} \sim v_{sH}$ の間の入力電圧（すなわち $v_t$ ）をA/D変換器22の定格入力電圧（シフト電圧） $v_{sft}$ （例えば-10V～+10V）に変換する。上記電圧信号処理回路において、 $v_{sL} \sim v_{sH}$ の範囲は、シフト電圧 $v_{sft}$ および増幅度の設定による変更が可能である。シフト電圧 $v_{sft}$ および増幅度は信号処理コンピュータ20から設定できるようにする。

## 【0056】

本実施の形態に係る電池状態診断装置はシステム同定手法を用いるものであるが、ここでシステム同定とは、測定データに基づいて動的システムの数学モデルを作ることである。この数学モデルは、当然、数式を持って表される。この数学モデル、及び該数学モデルを表す数式の作成手順を以下に説明する。尚、以下の説明は、足立修一著「MATLABによる制御のためのシステム同定」（東京電機大学

出版局発行) のp.55~58に記載の方法を参考にしたものである。

## 【0057】

この数学モデル・数式を、代表的な性能を持った製品群(集団A)より作成する。数学モデルの入力を $u(k)$ 、出力を $y(k)$ とすると、数式モデルを表す数式として以下の(1)式が成立する。尚、(1)式は、入力 $u(k)$ および出力 $y(k)$ を時系列データ(離散時間データ)として捉え、その入出力関係(関数)を求めるのに、ある有限個数のみを考えて立てた式である。また、(1)式は、上記製品群(A)の平均的な挙動を示す平均モデルに関する式であり、 $k$ は時系列データの過去にさかのぼる個数を意味する。

## 【0058】

## 【数3】

$$\begin{aligned} & y(k) + a_1y(k-1) + a_2y(k-2) + \cdots + a_ny(k-n) \\ & = b_1u_1(k-1) + b_2u_2(k-2) + \cdots + b_mu_m(k-m) \end{aligned} \quad \dots\dots(1)$$

## 【0059】

上記(1)式において、ベクトル $a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ 、ベクトル $b = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ とする、このベクトル $a$ 、 $b$ は、最小二乗法を用いて回帰ベクトルを求める一般的な手法によって求められる。さらに測定電圧データから起電力 $V_{av}$ 、起電力時間変化率 $V_{dt}$ 、直列直流抵抗 $R_s$ を求めてベクトル $c = (v_{av}, v_{dt}, R_s)$ を得る。ベクトル $c$ における $v_{av}$ 、 $v_{dt}$ 、 $R_s$ の求め方については後述する。

## 【0060】

さらに、上記、製品群(A)以外の製品(B)に、上記、製品群(A)に与えた入力信号と同じ信号を与えて、その出力を測定することで、製品(B)に固有の数式を得る。この場合、製品(B)に固有の数式とは、以下の(2)式のようになる。

## 【0061】

## 【数4】

$$\begin{aligned} & y(k) + a_{1B}y(k-1) + a_{2B}y(k-2) + \cdots + a_{nB}y(k-n) \\ & = b_{1B}u_1(k-1) + b_{2B}u_2(k-2) + \cdots + b_{mB}u_m(k-m) \end{aligned} \quad \dots\dots(2)$$

## 【0062】

上記(2)式において、ベクトル  $a_B = (a_{1B}, a_{2B}, \dots, a_{nB})$  、ベクトル  $b_B = (b_{1B}, b_{2B}, \dots, b_{mB})$  とする。さらに、ベクトル  $c$  と同様の方法で、ベクトル  $c_B = (v_{av}, v_{dt}, R_s)$  を得る。

## 【0063】

こうして求まったベクトル  $a$ 、 $b$ 、 $c$  およびベクトル  $a_B$ 、 $b_B$ 、 $c_B$  は、対応する項同士を比較することで、それぞれのベクトルを個別に比較することができる。その相違から、電池の劣化傾向、残存寿命、良・否判定、検査結果の判定を行なうことができる。

## 【0064】

例えば、二次電池の満充電時の状態を示すベクトル  $a$ 、 $b$ 、 $c$  と  $1/10$  充電時の状態を示すベクトル  $a_n$ 、 $b_n$ 、 $c_n$  に相関性があれば、母集団以外の製品についてその状態を示すベクトル  $a_m$ 、 $b_m$ 、 $c_m$ を得ることで、この製品の満充電時の性能を推定できる。

## 【0065】

また、ベクトル  $a$ 、 $b$ 、 $c$  とベクトル  $a_B$ 、 $b_B$ 、 $c_B$ との全体的な傾向（係数の大小等）を比較することにより、この製品が、将来至るであろう状態を、また、持つであろう性能（劣化後の性能）を推定できる。

## 【0066】

出荷検査の例でいえば、製品  $m$  の持つ固有の数式の係数列  $a_m$ 、 $b_m$ 、 $c_m$  が、以下の(3)式の条件を満足するものを良品とするならば、システム同定時に使った入力信号で、試料の出力を測定するだけで、当節のDSPなど、汎用信号処理コンピュータを使えば、簡単に検査結果を得られる。

## 【0067】

## 【数5】

$$\left. \begin{array}{l}
 a_1 - 3\sigma_{a1} < a_{1m} < a_1 + 3\sigma_{a1} \\
 \vdots \\
 a_n - 3\sigma_{an} < a_{nm} < a_n + 3\sigma_{an} \\
 b_1 - 3\sigma_{b1} < b_{1m} < b_1 + 3\sigma_{b1} \\
 \vdots \\
 b_m - 3\sigma_{bm} < b_{mm} < b_m + 3\sigma_{bm} \\
 v_{av} - 3\sigma_{vav} < v_{avm} < v_{av} + 3\sigma_{vav} \\
 v_{dt} - 3\sigma_{dt} < v_{dmt} < v_{dt} + 3\sigma_{vdt} \\
 R_s - 3\sigma_{rs} < R_{sm} < R_s + 3\sigma_{rs}
 \end{array} \right\} \cdots \cdots (3)$$

## 【0068】

尚、上記(3)式における $\sigma$ は標準偏差を示しており、上記(3)式は、標準偏差の3倍程度に収まっている製品を良品と見なす場合を単に例示するものである。したがって、この判定基準については、電池の状態等により変わることがある。

## 【0069】

さらに、上記電池状態診断装置による被検査電池の診断手順の具体例を、図7を参照して以下に説明する。

## 【0070】

まず、被検査電池10の状態が不明のため、図2の電圧レベルシフト手段23において、 $v_{sL} \sim v_{sH}$ の範囲を1V～1.5V程度の初期値に設定する(S1)。次に、負荷部12を駆動して図3(a)に示すような矩形波である電流負荷を被検査電池10に与える(S2)。これにより、図3(b)のような応答を得る。ここから、この応答結果に基づいて最適となる $v_{sL} \sim v_{sH}$ を測定し(S3)、 $v_{sL} \sim v_{sH}$ を最適な範囲に再設定する(S4)。

## 【0071】

次に、M系列信号で電流負荷を駆動し(S5)、過渡応答を含む図8のような波形を得る。図8における $v_{ADH}$ および $v_{ADL}$ は、最適に設定された $v_{sL}$ および $v_{sH}$ の値である。この図8の波形より、起電力 $v_{av}$ 、および起電力時間変化率 $v_{dt}$

を算出する。すなわち、起電力  $v_{av}$  は、図 8 における端子電圧の平均値として算出される。起電力時間変化率  $v_{dt}$  は、図 8 における直達項の立ち上がり時の電圧を結ぶ直線の傾きとして算出される。

## 【0072】

さらに、上記図 8 の波形より、求まった起電力成分 ( $v_{av}$ ,  $v_{dt}$ ) を除去した電圧波形を得る。

## 【0073】

すなわち、図 9 は、図 8 における電圧応答を拡大して起電力の時間変化を取り除いたものである。図中 A の部分が直列抵抗  $R_s$  に起因する過渡応答を持たない電圧応答部分（直達項）である。図中 B の部分が  $C_p$ ,  $R_p$ ,  $C_n$ ,  $R_n$  の過渡応答に起因する電圧応答部分（CR ダイナミクス項）を表す。また、図 9 より、電圧パルスの立ち上がり時点における電圧（図 9 における A）をその時に入力電流  $i_L$  の値で割ることにより、 $R_s$  を算出できる。この時点でベクトル  $c$  を得る（S 6）。

## 【0074】

こうして得た図 9 の波形から  $R_s$  に起因する A の成分を除去するため、 $R_s / i_L$  相当の電圧を差し引き B 部分のみを抽出する（S 7）。抽出後の波形は、図 10 に示すようなものとなる。すなわち、上記図 10 に示す波形が、実際の応答電圧波形から起電力成分 ( $v_{av}$ ,  $v_{dt}$ ) を除去した電圧波形となる。

## 【0075】

システム同定により過渡応答のみの項の伝達関数を求め、各次数の係数を導出する（S 8）。これにより、ベクトル  $a$ ,  $b$  が得られる（S 9）。係数ベクトルから電池の状態診断を行う（S 10）。

## 【0076】

例えば、図 12 に示すように、 $R_s$  と放電時間との間に相関関係が明らかに存在している場合、診断を行おうとする電池について  $R_s$  を測定すれば、その測定結果を図 12 に当てはめることによって電池の放電時間（すなわち、残存容量）の診断を行うことが可能となる。これ以外にも、 $R_s$  および  $C_p$ ,  $C_n$ ,  $R_p$ ,  $R_n$  の比などから、電池の劣化診断が行えると予測される。

## 【0077】

以上のように、本実施の形態に係る電池状態診断装置では、例えば、二次電池の診断では、いちいち充放電の時間をかけて検査する必要は無くなる。

## 【0078】

また、劣化予測の例では、FC自動車の燃料電池も当然寿命がくる。定期点検ごとに、前期、出力測定をして、 $a_{1t0} \rightarrow a_{1tm}$ 、…、 $a_{nt0} \rightarrow a_{ntm}$ 、 $b_{1t0} \rightarrow b_{1tm}$ 、…、 $b_{mt0} \rightarrow b_{mtm}$ 、 $v_{rs0} \rightarrow v_{rsm}$ 、 $v_{dt0} \rightarrow v_{dtm}$ 、 $R_{s0} \rightarrow R_{sm}$ 及び、全体の係数の変化傾向を見て、劣化状態を断定して、寿命後何年とか何万kmとの推定ができる。

## 【0079】

また、初期係数ベクトル $a_{t0}$ 、 $b_{t0}$ 、 $c_{t0}$ は、車の車検データとして、出荷時に添付されて出荷されるものとすることができます。各車の燃料電池には、個別の管理番号を付けて、その履歴を管理・フォローすることも可能である。それは、ユーザへのサービスの向上にもつながる。

## 【0080】

以上のように、本実施の形態に係る電池状態診断装置では、閉回路15において被測定電池10と直列に接続される負荷部12に負荷電流を用いている。このため、特許文献1に示すような負荷電圧を用いた構成における直流パスの問題を解決することができる。

## 【0081】

すなわち、電池の内部インピーダンスを同定するには電池の端子電圧と電流とを測定する必要がある。この時、上記特許文献1のように、電圧負荷+インピーダンス素子を電池の負荷として用いる方法では、負荷電圧を $V_x$ 、負荷インピーダンスを $Z_x$ 、電池の内部起電力を $V_b$ 、内部インピーダンスを $Z_b$ とすると回路の電流 $i$ は次式のようになる。

## 【0082】

## 【数6】

$$i = \frac{Vx + Vb}{Zx + Zb}$$

【0083】

したがって、電流を規定の値に調整するには内部起電力  $V_b$  の変化に伴って  $V_x$  を細かく調整する必要があるといった直流パスの問題が生じる。これに対し、本実施の形態に係る電池状態診断装置のように、電流負荷を用いると負荷電圧や負荷インピーダンスが生じないため、上記直流パスの問題が発生せず、測定結果から容易に電池の内部インピーダンスを同定することができる。

【0084】

また、上記電池状態診断装置においては、上記測定における出力は被測定電池の端子電圧であり、システム同定による診断時には、変動する端子電圧における被測定電池の起電力成分をバイアスと捉えて除去し、上記起電力成分を除去した後の微小な電圧変動を増幅してシステム同定による診断に用いる。

【0085】

計測においては、計測器のフルスケールを有効利用することが計測精度の向上に繋がる。特に、デジタル計測においては分解能の問題があり、信号をA/D変換器の入力電圧に合わせて処理することがS/N比の向上に繋がる。電池電圧は、（直流起電力）+（直流起電力に対して相対的に小さな電圧変動）という出力になるため、上記電圧変動を取り出して処理することで精度の高い計測が行える。この直流起電力は、電池の種類や状態によって異なるが、被測定電池の直流起電力（起電力成分）の概算値を計測し、それをバイアスとして捉え、変動する端子電圧から除去することにより、上記電圧変動分のみをシステム同定による診断に用いることができる。上記電圧変動は、自動利得増幅器等でA/D変換器の入力スケールに合わせて増幅されることにより、測定精度が向上する。

【0086】

尚、本電池状態診断装置におけるシステム同定手法をPEFC、DMFC等の燃料電池に応用する場合は、燃料電池を動作させない状態でシステム同定を行うことで電解質の劣化を診断することができる。すなわち、燃料電池においては、燃料を供給する状態と供給しない状態とでその挙動が異なる可能性があるが、燃料を供給しない状態でも起電力が生じないのみで電解質および電極のインピーダンスは測定可能であるため、上記と同様の手法で電池の劣化を測定することができる。

きる。尚、この場合は電流負荷と直列に1.2V程度の電圧源を付加して測定を行うとよい。

【0087】

また、上記説明においては、被測定電池10として二次電池（すなわち、起電力の発生する電池）の診断を行う場合を想定しており、この想定のもと負荷部12として電流負荷を用いるものとしている。

【0088】

しかしながら、本発明の電池状態診断において、燃料を供給しない燃料電池（すなわち、起電力の発生しない電池）について診断を行う場合には、負荷部12として電圧源を用いることも可能である。この場合、被測定電池10となる燃料電池自体に起電力が発生しないため、電圧源にて駆動しても二次電池の診断時のような直流パスの問題が発生しない。したがって、燃料を供給しない燃料電池については、より実現が容易な電圧源にて診断を行うことも可能である。但し、燃料を供給している燃料電池については、電池自体の起電力が発生するため、二次電池の診断と同様、負荷部12に電流負荷を用いた電池状態診断装置を用いて診断を行うことが好ましい。

【0089】

【発明の効果】

本発明の電池状態診断装置は、以上のように、上記被測定電池に負荷を与える負荷手段として、電流負荷を用いる構成である。

【0090】

それゆえ、被測定電池に負荷を与える負荷手段として電流負荷を用いることにより、測定される電流（を表す式）に負荷電圧や負荷インピーダンスが生じないため、上記直流パスの問題が発生せず、電流測定結果から容易に電池の内部インピーダンスを同定することができるといった効果を奏する。

【0091】

また、上記電池状態診断装置においては、上記測定における出力は被測定電池の端子電圧であり、システム同定による診断時には、変動する端子電圧における被測定電池の起電力成分をバイアスと捉えて除去し、上記起電力成分を除去した

後の微小な電圧変動を増幅してシステム同定による診断に用いる構成とすることができる。

## 【0092】

それゆえ、被測定電池の直流起電力（起電力成分）の概算値を計測し、それをバイアスとして捉え、変動する端子電圧から除去することにより、上記電圧変動分のみをシステム同定による診断に用いることができる。上記電圧変動は、自動利得増幅器等でA／D変換器の入力スケールに合わせて増幅されることにより、測定精度が向上するといった効果を奏する。

## 【0093】

また、上記電池状態診断装置においては、上記測定における出力は被測定電池の端子電圧であり、システム同定による診断時には、変動する端子電圧を被測定電池の直列抵抗に起因する直達項とCR（容量－抵抗）ダイナミクスを持つ項とに分離し、その直達項成分を上記端子電圧から除去し、直達項成分を除去した後の微小な電圧変動を増幅してシステム同定による診断に用いる構成とすることができます。

## 【0094】

それゆえ、直達項部分とCRダイナミクス部分とを分離し、直達項部分を除去したCRダイナミクス部分のみでシステム同定を行うことにより、同定精度の向上を図ることができるといった効果を奏する。

## 【0095】

また、上記電池状態診断装置においては、上記直達項成分を上記端子電圧から除去するために、測定される上記端子電圧の電圧波形において、被測定電池の起電力成分を示す電圧パルスの立ち上がり時点における電圧値を算出し、上記端子電圧の電圧波形から算出された上記電圧値を差し引く演算を行う構成とすることができます。

## 【0096】

それゆえ、同定する端子電圧の電圧波形から除去すべきバイアス（直達項成分）等を自動計算で分離する手法を提供することができる。

## 【0097】

また、本発明の電池状態診断装置は、以上のように、上記被測定電池として燃料の供給されていない燃料電池を用いるものであり、上記被測定電池に電流を与える手段として、電圧源を用いる構成である。

【0098】

それゆえ、燃料を供給しない燃料電池について診断を行う場合には、電流供給手段として電圧源を用いても、被測定電池となる燃料電池自体に起電力が発生しないため、直流パスの問題が発生せず、燃料を供給しない燃料電池については、より実現が容易な電圧源にて診断を行うことができるといった効果を奏する。

【0099】

また、本発明の電池状態診断装置は、以上のように、上記被測定電池の診断時には、該被測定電池を電流負荷と直列に接続して閉回路を構成する回路部と、上記回路部に接続された被測定電池の端子電圧および上記回路部を流れる電流を計測する計測手段と、上記計測手段によって計測される結果から、被検査電池の状態をシステム同定手法を用いて診断する診断手段とを備えている構成である。

【0100】

それゆえ、測定される電流（を表す式）に負荷電圧や負荷インピーダンスが生じないため、直流パスの問題が発生せず、診断手段においては電流測定結果から容易に電池の内部インピーダンスを同定することができるといった効果を奏する。

【0101】

また、本発明の電池状態診断装置は、以上のように、上記被測定電池として燃料の供給されていない燃料電池を用いるものであり、上記被測定電池の診断時には、該被測定電池を電圧源と直列に接続して閉回路を構成する回路部と、上記回路部に接続され、被測定電池の端子電圧および上記回路部を流れる電流を計測する計測手段と、上記計測手段によって計測される結果から、被検査電池の状態をシステム同定手法を用いて診断する診断手段とを備えている構成である。

【0102】

それゆえ、被測定電池に電流を供給する手段として電圧源を用いても、被測定電池となる燃料電池自体に起電力が発生しないため、直流パスの問題が発生しな

い。したがって、燃料を供給しない燃料電池については、より実現が容易な電圧源にて診断を行うことができるといった効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施形態を示すものであり、電池状態診断装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】

上記電池状態診断装置のより詳細な構成を示すブロック図である。

【図3】

図3（a）, (b)は、上記電池状態診断装置によって診断される被測定電池の入出力応答を示す波形図である。

【図4】

上記電池状態診断装置における電流負荷の構成を示す回路図である。

【図5】

上記被測定電池の等価回路を示す回路図である。

【図6】

上記電池状態診断装置における電圧レベルシフト手段の構成を示す回路図である。

【図7】

上記電池状態診断装置における診断手順を示すフローチャートである。

【図8】

M系列信号で電流負荷を駆動した場合の、上記被測定電池の過渡応答を含む出力波形図である。

【図9】

上記図8の波形より、求まった起電力成分 ( $v_{av}$ ,  $v_{dt}$ ) を除去した後の電圧波形図である。

【図10】

上記図9の波形より、 $R_s$ に起因するAの成分を除去し、B部分のみを抽出した後の電圧波形図である。

【図11】

図11(a), (b)は、診断実施時の波形例を示す波形図である。

【図12】

診断結果例を示すグラフである。

【図13】

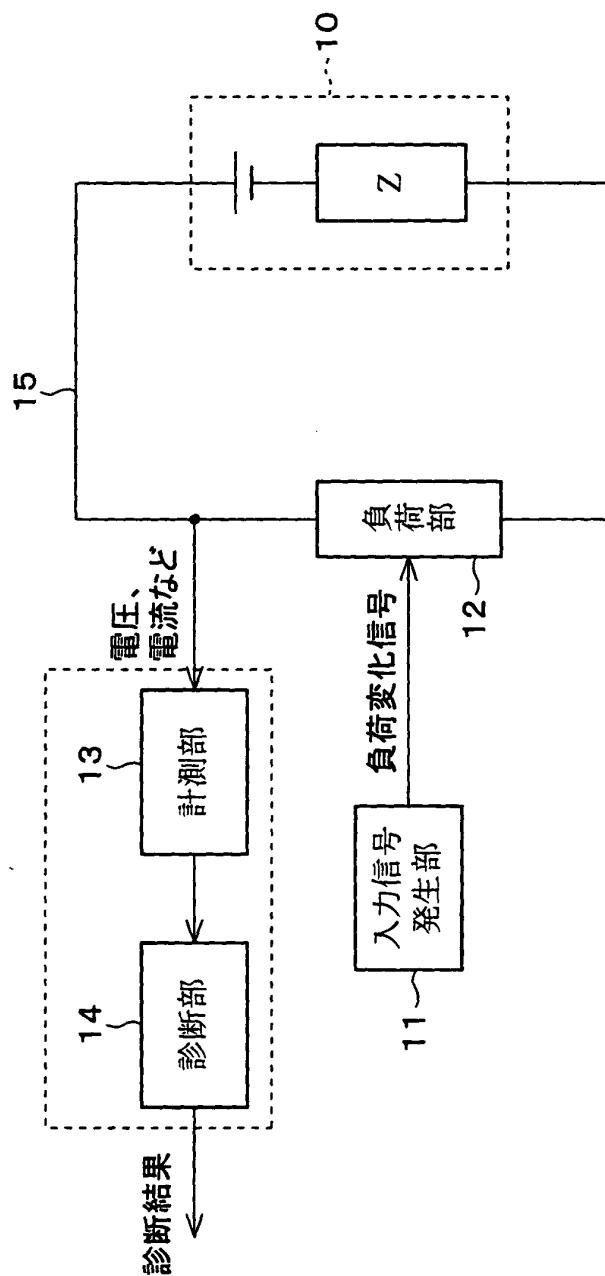
図13(a), (b)は、リチウムイオン電池の製造工程例を示す図である。

【符号の説明】

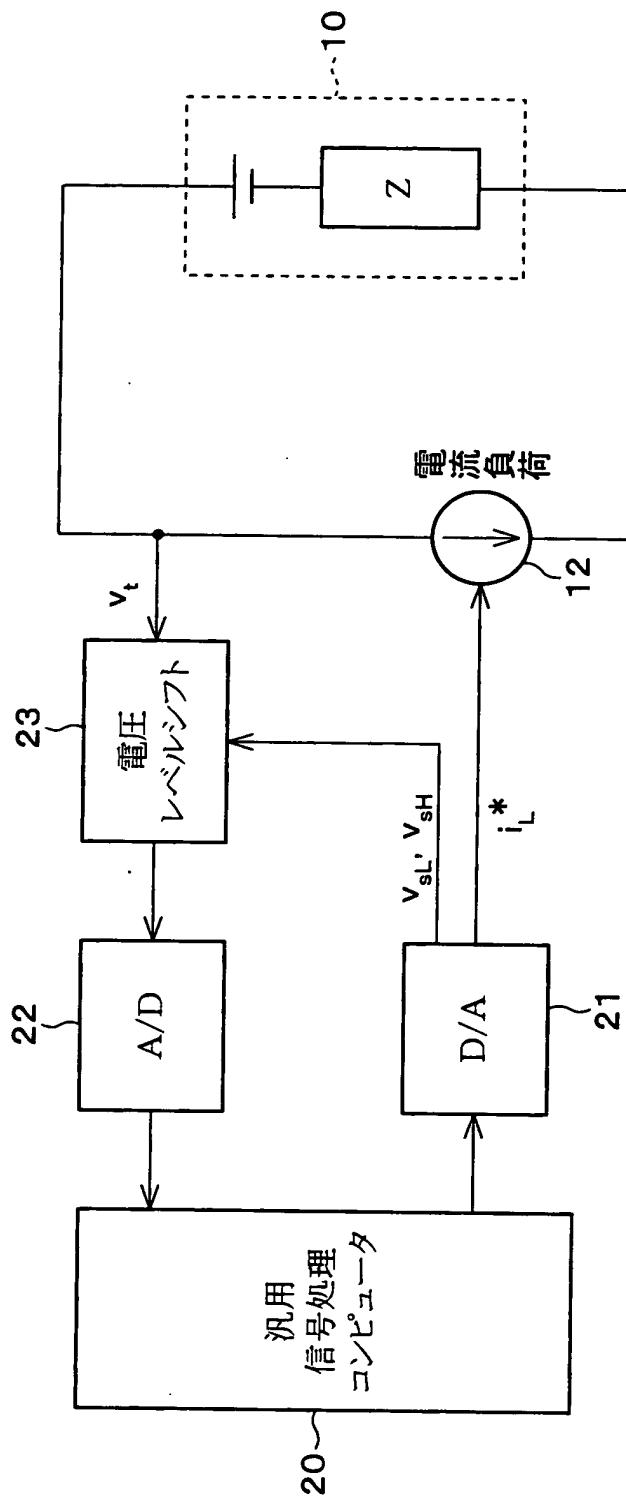
- 1 0 被測定電池
- 1 1 入力信号発生部
- 1 2 負荷部（負荷手段、負荷電流）
- 1 3 計測部（計測手段）
- 1 4 診断部（診断手段）
- 1 5 閉回路（回路部）

【書類名】 図面

【図1】

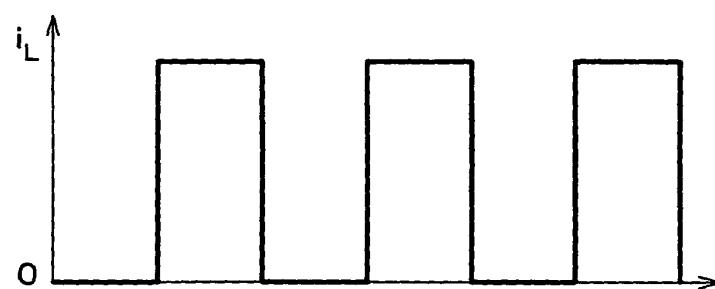


【図2】

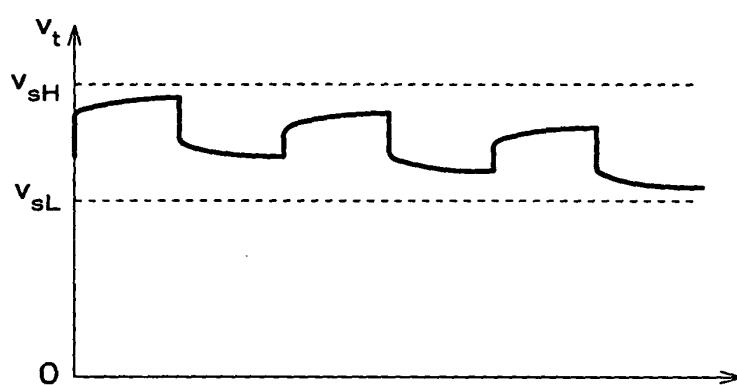


【図3】

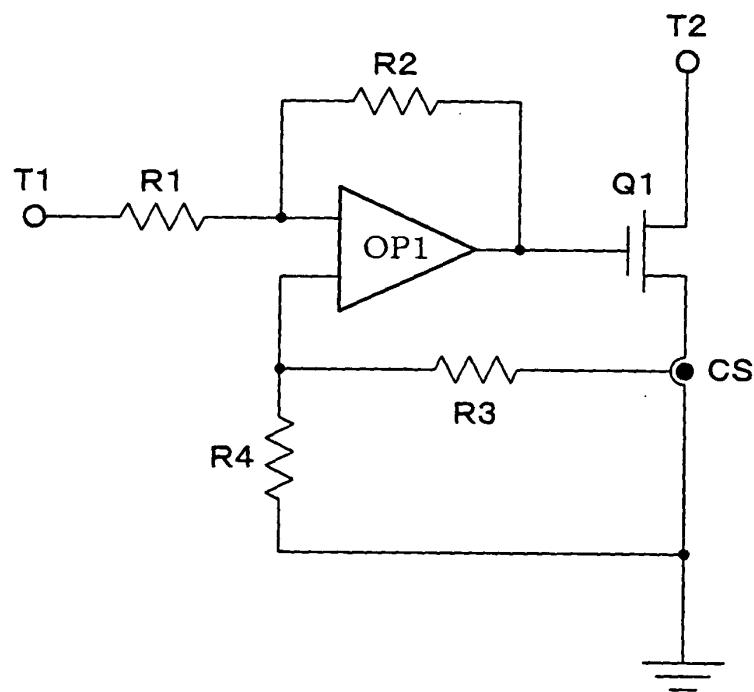
(a)



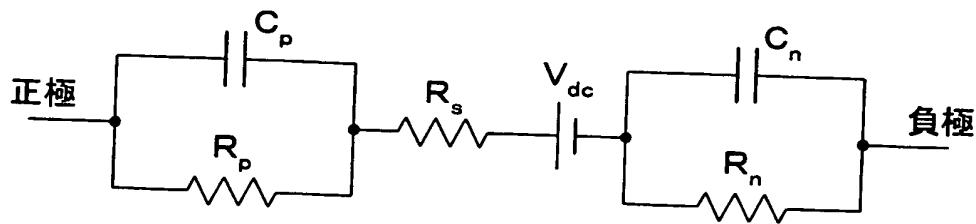
(b)



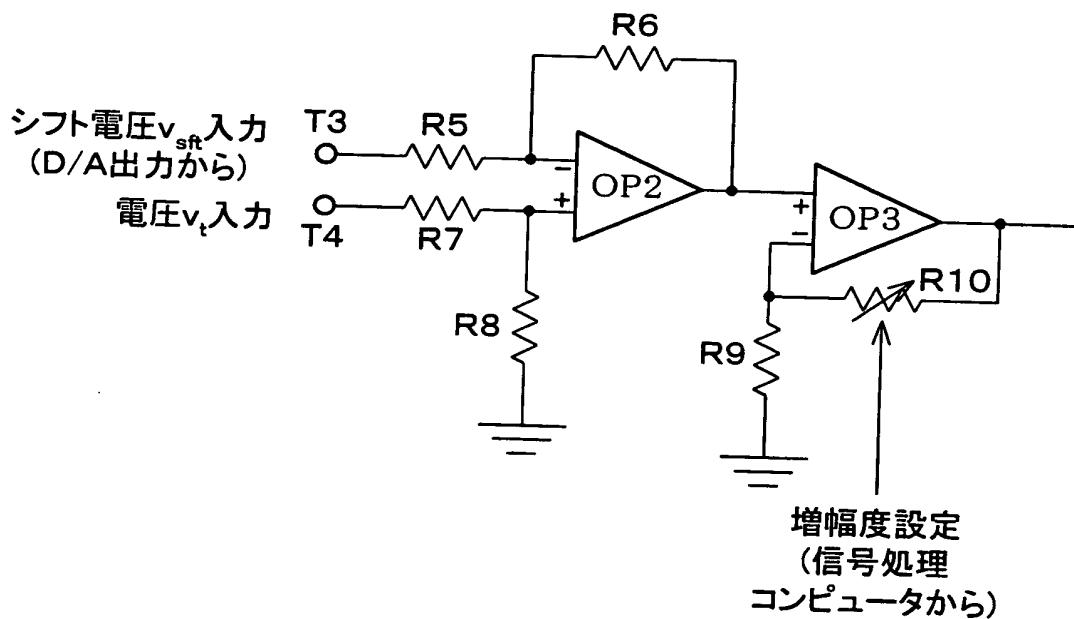
【図4】



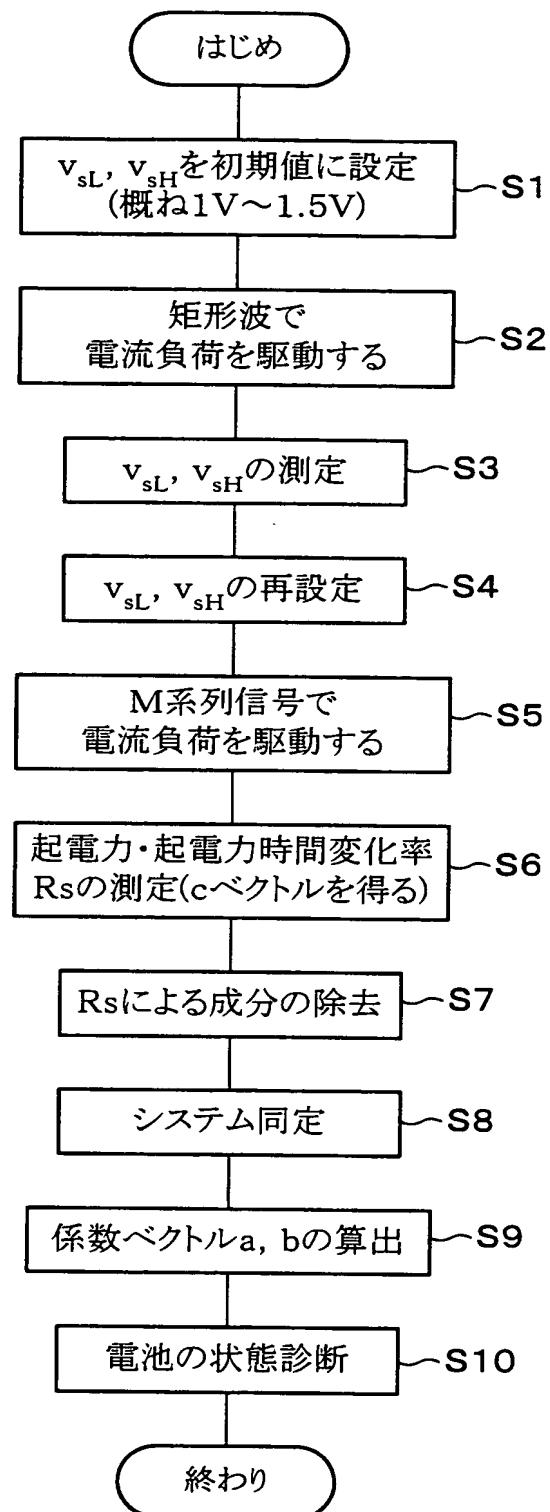
【図5】



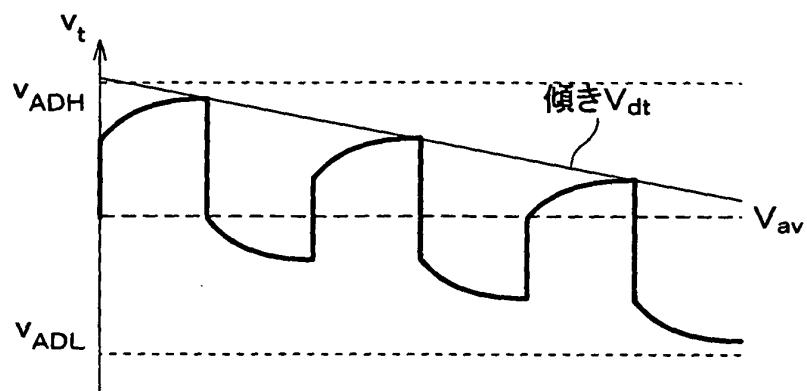
【図6】



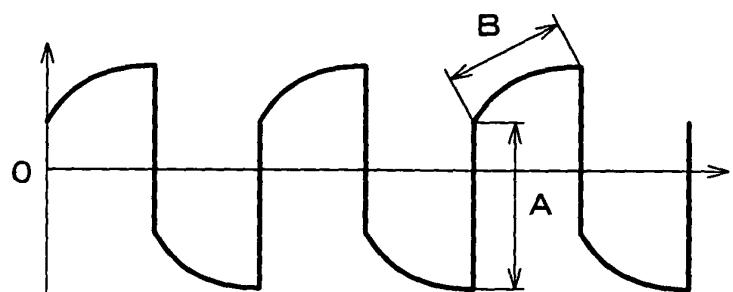
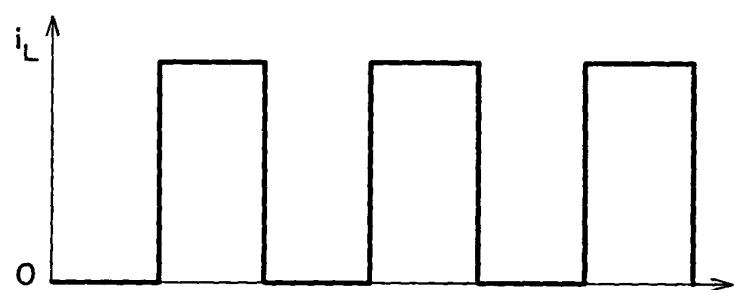
【図7】



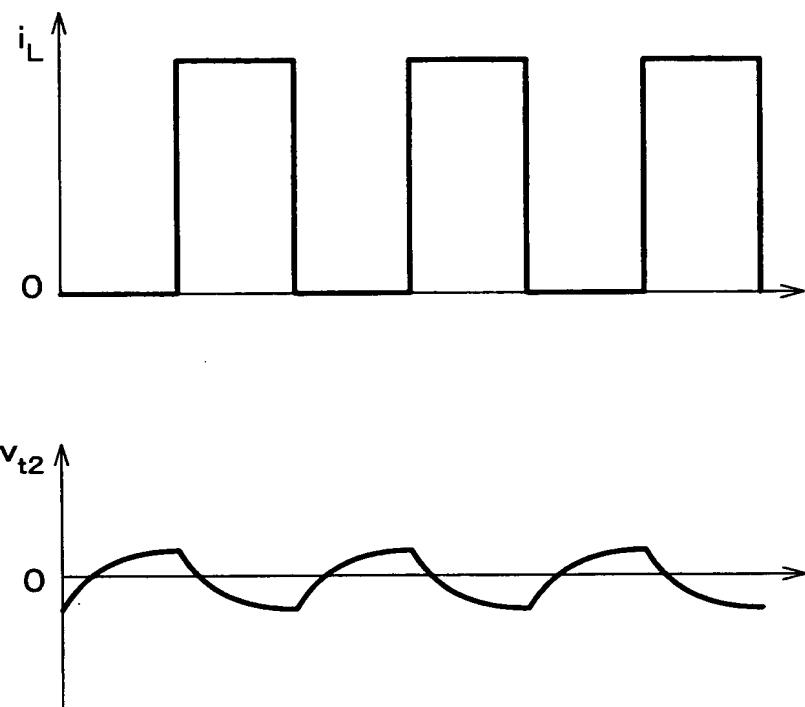
【図8】



【図9】



【図10】

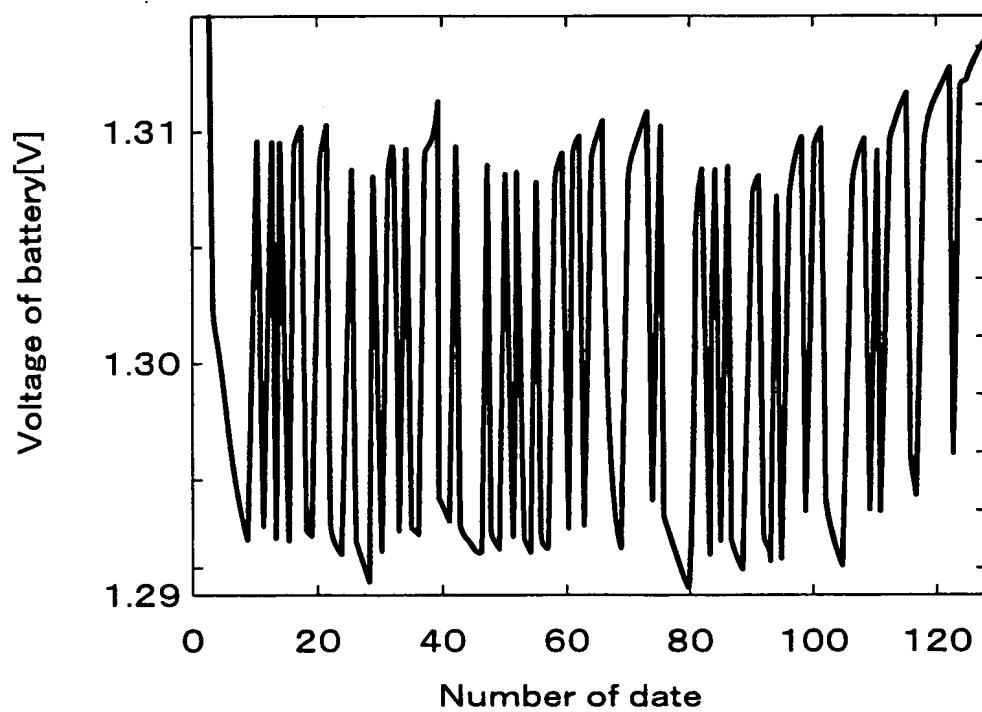


【図11】

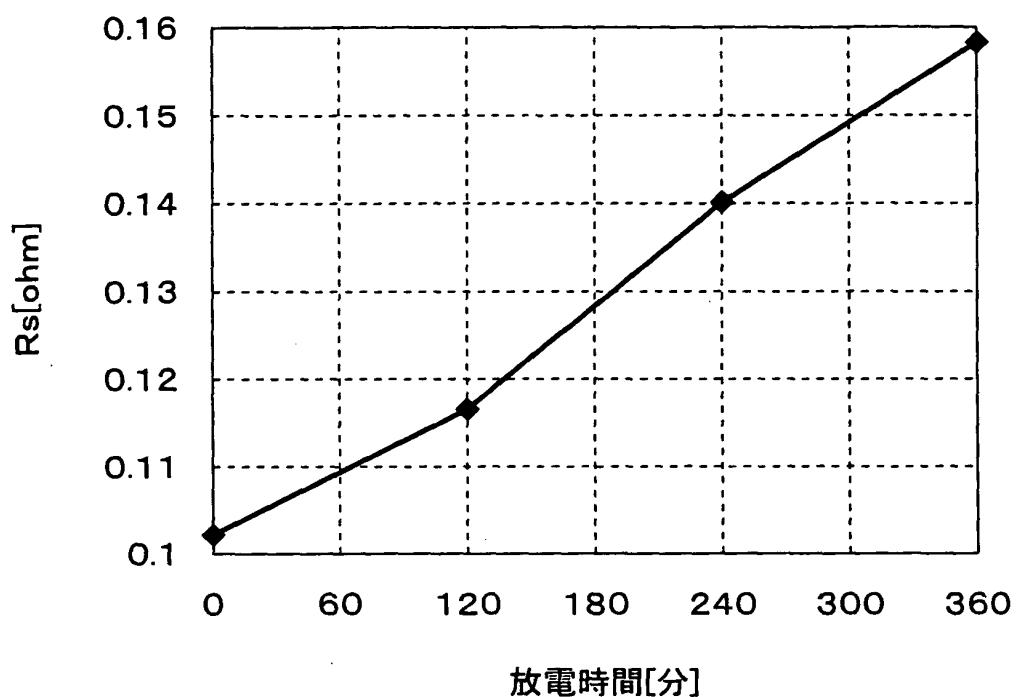
(a) 入力電流信号



(b) 出力電圧信号

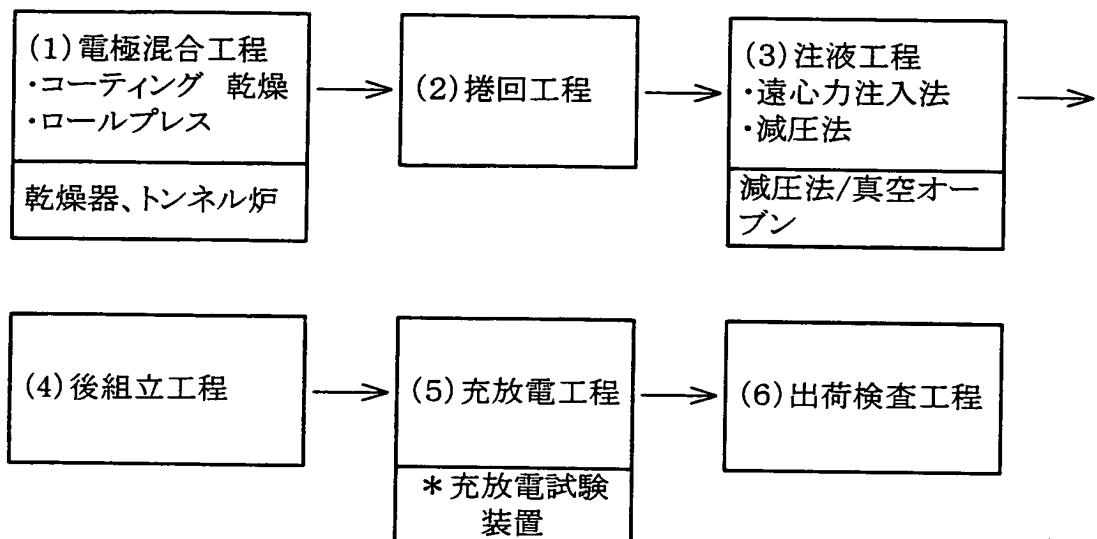


【図12】

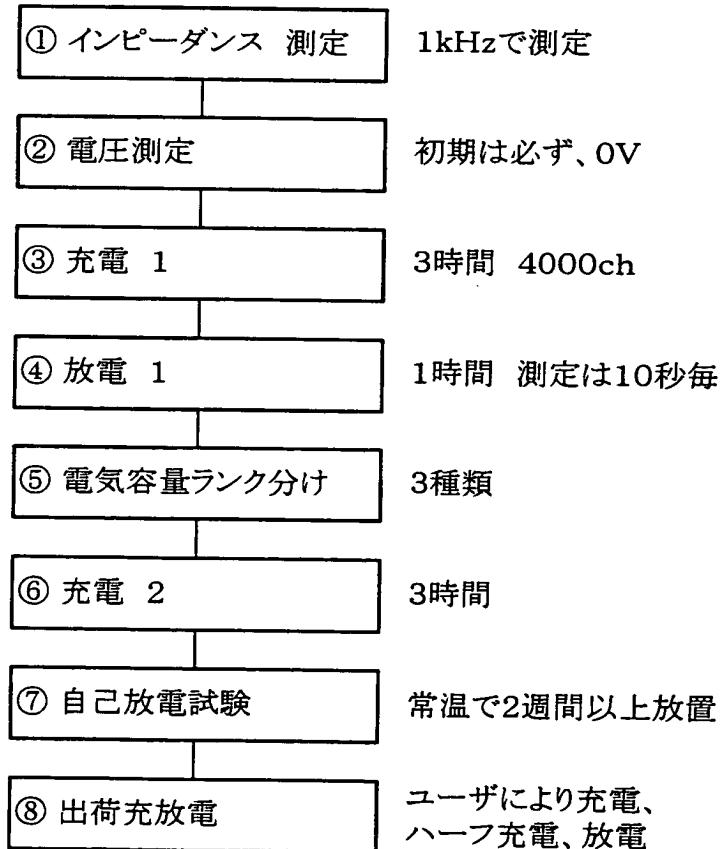


【図13】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電池の寿命や残量等を最適に求めることができる電池の検査方法および検査装置を提供する。

【解決手段】 被測定電池10に負荷部12により負荷を与えてその入力および出力特性を計測部13において測定し、その測定結果を診断部14においてシステム同定手法を用いて電池状態を診断する電池状態診断装置において、上記負荷部12として電流負荷を用いる。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000108797]

1. 変更年月日 2002年 4月24日

[変更理由] 名称変更

住 所 大阪府大阪市北区天神橋3丁目5番6号

氏 名 エスペック株式会社